

**ИННОВАЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА: ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ И  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Начальник отделения внедрения систем ж.-д. автоматики и телемеханики **Воронин В.А.**,  
кандидат техн. наук **Филипченко С.А.**

(Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт  
информатизации, автоматизации и связи. ОАО «ВНИИАС»)

Доктор экон. наук, профессор **Куренков П.В.**  
(Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

Кандидат техн. наук, доцент **Солоп И.А.**,  
кандидат техн. наук, доцент **Чеботарева Е.А.**  
(Ростовский государственный университет путей сообщения, РГУПС)

**INNOVATIVE INFRASTRUCTURE ELEMENTS RAILWAY COMPLEX: ASSESSMENT  
OF TECHNOLOGIES AND OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS**

Head of the Station Engineering **Voronin V.A.**,  
Ph.D. (Tech.) **Filipchenko S.A.**  
(All-Russian Research and Design Institute  
of Informatization, Automation and Communication. JSC «VNIAS»)

Doctor (Econ.), Professor **Kurenkov P. V.**  
(Moscow University of Transport. RUT-MIIT),  
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Solop I.A.**,  
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Chebotareva E.A.**  
(Rostov State Transport University. RSTU)

*Железнодорожный транспорт, инфраструктура, инновации, системы автоблокировки, технологии, пропускная способность, показатели, эффективность.*

*Railway transport, infrastructure, innovations, auto-blocking systems, technologies, capacity, indicators, efficiency.*

*В работе рассмотрена целесообразность и эффективность использования подвижных блок-участков и виртуальных сцепок в условиях ограниченных пропускных способностей железнодорожных направлений, позволяющих оптимизировать интервальное регулирование движения поездов, уменьшить межпоездные интервалы, сократить расходы электроэнергии на тягу, а также расходы на содержание инфраструктуры. Раскрыты экономические и технологические аспекты внедрения данных инноваций.*

*The paper considers the feasibility and efficiency of using mobile block sections and virtual couplings in conditions of limited capacity of railway lines, which allow optimizing interval regulation of train traffic, reducing inter-train intervals, reducing electricity costs for traction, as well as infrastructure maintenance costs. The economic and technological aspects of the implementation of these innovations are disclosed.*

Железнодорожная транспортная система России выполняет одну из ключевых ролей в обеспечении грузовых и пассажирских перевозок. В условиях недостаточного финансирования развития транспортно-логистической инфраструктуры железнодорожного комплекса необходимо изыскание внутренних резервов, внедрение инноваций, позволяющих интенсифицировать использование существующих железнодорожных линий. Исторически развитие систем железнодорожной автоматики определяло новые технологические решения в организации перевозок, способствовало повышению безопасности движения, эффективности использования транспортной инфраструктуры. Такими инновациями является внедрение новых систем интервального регулирования движения поездов. К таким системам относятся, например, автоблокировка (АБ) с подвижными блок-участками, системы автоматической локомотив-

ной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками и технологии виртуальных сцепок (ВСЦ). Данные системы позволяют оптимизировать интервальное регулирование движения поездов, уменьшить межпоездные интервалы, сократить расходы электроэнергии на тягу поездов, повысить пропускные и провозные способности железнодорожных линий, о чём говорится в работах [1-10].

Применение интервального регулирования, т.е. разделение двух попутно следующих поездов (друг за другом) с интервалом времени, обеспечивающим безопасность их движения, способствовало интенсификации использования железнодорожных линий. При этом классическая блокировка, когда на перегоне около светофора ставится изолирующий стык, питание производится через релейный шкаф, который обеспечивает при заходе поезда замыкание цепи, соответственно на све-

тофоре загорается красный сигнал. При уходе поезда с участка освобождается рельсовая цепь – загорается желтый свет, при освобождении следующего блок-участка – загорается зеленый свет, и т.д.

Блокировка с подвижным блок-участком принципиально отличается от обычной автоблокировки и позволяет сократить межпоездной интервал (рис. 1). В ней нет изолирующих стыков, отсутствуют светофоры. По перегону прокладывается кабель, в котором делаются отпайки к рельсам. Отпайки могут быть практически через любое расстояние, например, если участки при автоблокировке АВ приблизительно длиной  $L_{\text{бл}} = 1000 \dots 2500$  м, то во втором случае – могут

быть через 300 м, например, как это сделано на Московском центральном кольце (МЦК). Делаются такие отпайки от кабеля, поэтому на перегоне питание уже не требуется, то есть с двух соседних станций дается в этот кабель питание и по частоте тока отслеживается, где замкнута цепь, и соответственно на локомотив подаются импульсы зеленого, желтого или красного сигналов. Машинист при движении по перегону видит сигнал на локомотивном светофоре (желтый, зеленый или красный), а «хвост» предыдущего поезда «тащит» за собой на определенном расстоянии зоны с учетом тормозного пути и прочего.

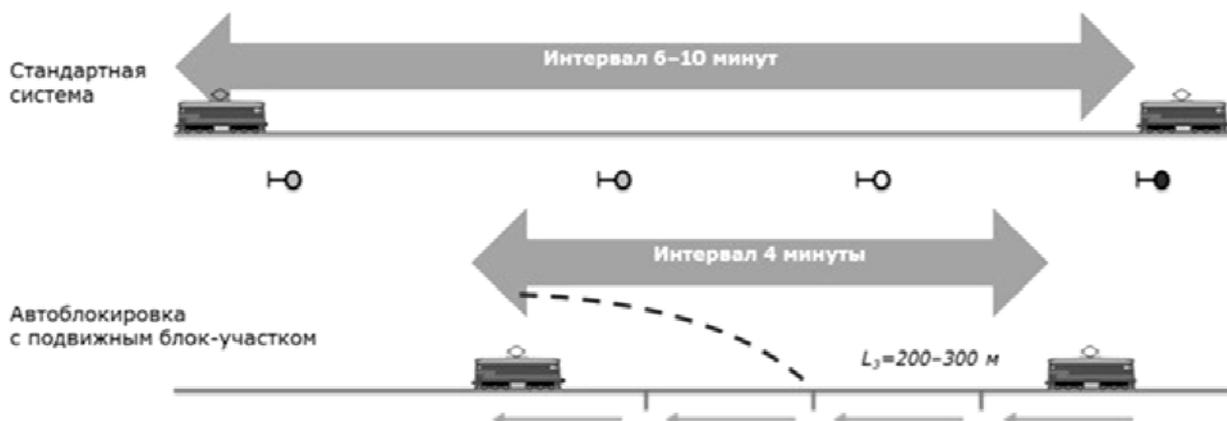


Рис. 1. Системы интервального регулирования движения поездов

Что такое «подвижной блок-участок» – это «хвост», который образуется за каждым составом. Этот «хвост» представляет собой ограничивающие зоны: на расстоянии 560 м от конца электропоезда заканчивается «красная часть» (защитная зона), затем начинается «красно-желтая» и так далее. Самое главное – «хвост» занимает рельсовую цепь (РЦ) за идущим составом, т.е. в данном случае РЦ являются статичной основой, на которую накладываются ограничения. Это способствует повышению пропускной и провозной способности соответствующих линий. Интервал между поездами, который допускает эта блокировка, равен тормозному пути с учетом защитной зоны блок-участка. Например, проводились эксперименты между грузовыми поездами на участке Журавка-Миллерово, интервал составил

4,5 мин при скорости 80 км/ч между двумя соседними грузовыми поездами. Данная линия оборудована системой интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками на перегонах в соответствии с местными условиями работы. На перегонах, оборудованных системой, отсутствуют проходные светофоры и знаки: «Граница блок-участка». Движение поездов осуществляется по кодам автоматической локомотивной сигнализации. При данной системе интервал между поездами может быть сокращен до 6 мин (с учетом непараллельного графика), таким образом, пропускная способность достигнет значений от 189 до 206 пар поездов в зависимости от доли грузовых и пассажирских поездов [11].



Рис. 2. Внедрение системы интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками на Северо-Кавказской железной дороге

Проект организации интервального регулирования с подвижными блок-участками на самом напряжённом направлении Север – Юг позволил увеличить пропускные способности участков на 20% и ускорить продвижение грузов в направлении черноморских портов и Крымского полуострова. Теперь разрабатывается математическая модель для направления от станции Тимашевская до станции Тамань-Пассажи́рская. В перспективе – внедрение интервального регулирования на побережье от Туапсе до Адлера, это позволит снизить межпоездной интервал до 5 мин, увеличить пропускную способность на 6 пар поездов и сократить время следования пассажирского поезда на 20 мин (рис. 2).

Другие полигоны на сети РЖД, на которых применяются подвижные блок-участки, – это МЦК, Яблонная - Лесная (Забайкальская дорога), Байкало-Амурская магистраль (Новый Ургал - Комсомольск).

Применение системы подвижных блок-участков позволяет реализовать технологию «виртуальной» сцепки поездов.

Понятие «виртуальная сцепка» обозначает соединение локомотивов последовательно следующих поездов по радиоканалу. При этом ведение второго («ведомого») поезда осуществляется с учетом информации, получаемой с первого («ведущего») поезда. Управление ведущим и ведомым локомотивами может осуществляться как в режиме автоведения, так и в ручном режиме машинистом. Существуют следующие режимы движения локомотива, которые влияют на энергопотребление:

1) трогание с места одиночного локомотива или с вагонами. При движении без вагонов потребления энергии нет;

2) движение в режиме «набор позиции» – это движение с ускорением;

3) движение на стабильных позициях;

4) выбег – движение по инерции на 0-ой позиции;

5) рекуперация – движение в режиме генерации энергии – езда на спуск, с включённой 0-ой позицией, то есть езда по инерции. В данном режиме электровоз работает как генератор электроэнергии, которая отдаётся в сеть.

При движении жёстко соединённого сдвоенного поезда возникают большие обратные токи и нагрузка на тяговые подстанции. Для уменьшения этого влияния принимаются ограничительные меры. Например, на одном из участков Куйбышевской железной дороги сдвоенный поезд целесообразно отправлять последним в пакете, поскольку следом за ним в течение 20 мин нельзя отправлять обычные поезда. При этом встречные поезда при весовой норме 6300 т должны иметь массу не более 4700 т. Такие ограничения снижают пропускные и провозные способности участков в целом, а выигрыш достигается только в показателе «средний вес поезда».

Имея информацию о том, в каком режиме и какой поезд находится на территории определённой подстанции, можно регулировать режим ведения в зависимости от массы поезда и профиля пути, а также время отправления. Это даёт возможность снизить нагрузку на тяговую подстанцию и тем самым уменьшить интервал попутного следования, что повысит пропускную и провозную способность. Известно, что при электрической тяге применяется 2-фазная система. Фаза идёт на контактный провод, а ноль – это земля. Рельсы также являются контактным проводом. Ток ищет наименьшее сопротивление. Если наименьшее сопротивление будет

не на тяговой подстанции, а на релейной, то последняя соргит на станции.

Существует Инструкция по формированию соединенных поездов, исполнение положений которой значительно усложняет данный процесс – исключение цистерн, вагонов с негабаритными грузами и т.д. Кроме того, длина соединенного поезда может быть меньше, чем длина двух поездов в связи с инфраструктурными ограничениями определенной железной дороги. «Лишние» вагоны, не попавшие в двойной поезд, необходимо «досылать», оформляя для этого соответствующие документы.

Вышеописанные проблемы отпадают с применением виртуальной сцепки (ВСЦ) для «сдваивания» поездов.

При сложном профиле пути со значительным перепадом высот поезд-двойник на жёсткой сцепке может «порваться» на вершине. В случае применения ВСЦ это исключено, но поезд-двойник может «убежать» на спуске после преодоления вершины. В этом случае расстояние между поездами (1-м и 2-м) контролируется комбинационным применением режимов «выбег» и «торможение». За счёт отдачи электроэнергии в сеть при рекуперации поезду-тяжеловесу и 2-му составу при ВСЦ двигаться гораздо легче.

На дороге в условиях дефицита тягового подвижного состава грузового движения проведена оценка технологической и экономической целесообразности организации вождения соединенных поездов в постоянном режиме. Анализ показал реальную эффективность использования данной технологии исключительно для повышения пропускных способностей лимитирующих участков, особенно при проведении летних путевых работ.

В остальные периоды времени формирование соединенных поездов применяется для улучшения эксплуатационного показателя «средний вес поезда» за счет учета (в соответствии с действующим порядком) двух физически сцепленных между собой грузовых поездов, ведомых двумя локомотивами и управляемых двумя локомотивными бригадами, в качестве одного поезда. В такой ситуации ОАО «РЖД» несёт дополнительные эксплуатационные расходы. Они связаны со снижением участковой скорости, производительностью локомотива, увеличением фонда оплаты труда локомотивных бригад. По опыту применения данной технологии определена разница в эксплуатационных расходах при пропуске одного соединенного поезда и двух одиночных грузовых поездов того же суммарного веса на участке Входная – Инская Западно-Сибирской железной дороги. Только по статье «оплата рабочего времени локомотивных бригад» разница составляет 4010 рублей. На один соединенный поезд приходится в среднем 6 часов дополнительного рабочего времени локомотивных бригад и 1,5 часа непроизводительного простоя в рабочем парке локомотивов (0,125 локомотивосуток).

При этом формирование соединенных поездов на протяжении последних лет постоянно использовалось для увеличения показателя «средний вес поезда». Учитывая ежегодное установление бюджетных показателей с ростом к уровню предыдущего года, в настоящее время не представляется возможным обеспечить его выполнение без формирования соединенных поездов, в том числе, при максимальном количестве формируемых тяжеловесных поездов. Отказ от массового формирования соединенных грузовых поездов позволил

также оценить влияние этого решения на изменение показателей работы. В частности, на Западно-Сибирской дороге средний вес грузового поезда и другие показатели 2019 года (4251 т, 10 соединенных поездов, эффект для показателя + 5 т) оказались ниже уровня аналогичного периода 2018 года (4366 т, 380 соединенных поездов, эффект для показателя + 107 т). Тем не менее, среднесуточная передача груза на западные междорожные стыки составила показатель 2018 года, а количество вагонов, передаваемых одним локомотивом, возросло на 5 ед. Это позволило ежедневно экономить 10 грузовых электровозов эксплуатируемого парка и повысить эффективность использования локомотивов в грузовом движении на 22 тыс. т-км брутто к уровню 2018 года.

Также целесообразно детально рассмотреть данную технологию уже с учетом новых систем регулирования движения поездов для формирования более точных выводов.

Применение систем регулирования движения с подвижными блок-участками возможно и в пассажирском комплексе железнодорожного транспорта.

Поскольку объемы пассажирских перевозок на МЦК значительно превзошли самые смелые прогнозы, на диаметрах (МЦД) возможно рассмотреть внедрение не типовой автоблокировки, а подвижных блок-участков.

На МЦД предполагается применять при организации движения по диаметральному ходу тактовое движение. Каждые 15 мин будет отправляться поезд с конечной станции. Но, когда он в «час пик» придет в Московский узел, к нему добавятся другие электрички. В случае сбоя в движении при сгущенном прибытии и отправлении поездов ввести в график поезда будет затруднительно. При этом возможны случаи отмены электропоездов на «нитке» графика. Кроме того, если в графике движения заложен, например, десятиминутный интервал (для всех категорий поездов), то и автоблокировка позволяет пропускать поезда с 10-минутным интервалом, а любой сбой графика на 10 мин приведет к необходимости диспетчерского регулирования и корректировке графика движения. Если же блокировка имеет запас по межпоездным интервалам, то есть в графике заложено 10 мин, а блокировка позволяет ехать, например, с интервалом в 5 мин, то график восстанавливается при десятиминутном сбое всего за 15 мин. Есть специальные расчеты по этому поводу. Поэтому при сбое графика его восстановление занимает меньшее время.

Преимущества блокировки с подвижными блок-участками следующие: не требуется установка светофоров на перегоне, не надо тянуть электрическое питание на перегон, устанавливать релейные шкафы и прочее. При этом достигается огромная экономия капитальных вложений. Причем, если что-то сломалось, например, произошёл разрыв рельса, при обычной блокировке загорается красный свет, где разрыв рельса, состав на желтый свет снижает скорость до 50 км/час, потом едет, желтый свет проезжает со скоростью 50 км/ч, затем сразу загорается красно-жёлтый, поезд опять снижает скорость и перед красным останавливается. А так как ещё есть защитный блок-участок, то он останавливается перед первым красным сигналом. Там, где рельс разорвался, уже горит второй красный свет. Таким образом, поезд теряется минут 20-30 на этом участке. А с подвижным блок-участком он на кривую торможения остановился перед красным, но локомотивным, потом 20 км/ч проехал маленький (500м, 300м)

участок, увидел зеленый на локомотивном и поехал, т.е. это 5 минут, а не 20-30.

Дополнительный анализ статистики отказов технических средств по сети, связанных с блокировкой, может также позволить подсчитать логистические издержки более реально через потери поездоочасов из-за остановок движения. Поэтому внедрение блокировки с подвижными блок-участками является очень своевременным и перспективным инновационным решением.

Распространение новых инноваций на дорогах и их апробация невозможны без оценки эффективности, выявления преимуществ и недостатков их применения на опытных полигонах. Опыт применения виртуальных сцепок и подвижных блок-участков на отдельных участках железных дорог показал возможность сокращения межпоездных интервалов, увеличения пропускной способности участков, сокращения расходов электроэнергии на тягу, а также снижение эксплуатационных расходов на содержание инфраструктуры, потребности в капитальных вложениях, что в совокупности даст в будущем значительный экономический эффект.

### Литература

1. Методика подконтрольной эксплуатации технологии движения поездов «виртуальная сцепка» на участке Карымская – Хабаровск II – Находка-Восточная Забайкальской и Дальневосточной железных дорог. – ОАО «ВНИИАС», 2020. – 38 с.
2. Программа и методика эксплуатационных испытаний по апробации технологии «виртуальная сцепка» на участке Хабаровск II – Находка Дальневосточной железной дороги. Часть 2. – ОАО «ВНИИАС», 2019. – 27 с.
3. Технология подконтрольной эксплуатации вождения ВСЦ поездов на полигоне Хабаровск II – Находка (узел) – Хабаровск II. – Хабаровск: ОАО «РЖД», 2020. – 11 с.
4. Власьевский С.В. Оценка энергетической эффективности электровозов ЗЭС5К при использовании технологии интервального регулирования движения по типу «виртуальная сцепка» / С.В. Власьевский О.А. Мальшева, Н.Г. Шабалин, В.В. Семченко // Вестник ВНИИЖТ. – 2020. – Т.79. – № 1. – С.17-25.
5. Розенберг Е.Н. Инновационное развитие систем интервального регулирования / Е.Н. Розенберг, В.В. Батраев // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 7. – С.5-9.
6. Розенберг И.Н. Интеллектуальные системы управления движением поездов / И.Н. Розенберг, Е.Н. Розенберг // Экономика железных дорог. – 2016. – № 8. – С.9-16.
7. Розенберг Е.Н. Интервальное регулирование движения поездов / Е.Н. Розенберг, А.А. Абрамов, В.В. Батраев // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 9. – С.19-24.
8. Терешина Н.П. Управление инновациями на железнодорожном транспорте: монография [текст] / Н.П. Терешина, И.Н. Дедова, Ю.И. Соколов, В.А. Подсорин; под ред. Н.П. Терешиной. – М.: МИИТ, 2014. – 304 с.
9. Терешина Н.П. Экономика инноваций на транспорте: монография [текст] / Н.П. Терешина, В.А. Подсорин; под ред. Н.П. Терешиной. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 401 с.
10. Терешина Н.П. Управление инновациями на железнодорожном транспорте / Н.П. Терешина, В.А. Подсорин // М.: Вега-Инфо, 2012. – 477 с.

11. Zubkov V. Capacity and Traffic Management on a Heavy-Traffic Railway Line / V. Zubkov, E. Ryazanova, E. Chebotareva// TransSiberia 2019, Volume 2. – Springer International Publishing. ISBN 978-3-030-37919-3. DOI: 10.1007/978-3-030-37919-3, P. 934 – 949.

#### Сведения об авторах

**Воронин Владимир Альбертович**, начальник Отделения внедрения систем ж.-д. автоматики и телемеханики ОАО «ВНИИАС».

Тел. 8-916-665-22-97

E-mail: s.lavruhina@vniias.ru.

**Филипченко Сергей Анатольевич**, к.т.н., Руководитель научно-технического комплекса «Управление перевозочным процессом» ОАО «ВНИИАС».

Тел. +7-985-766-09-18

E-mail: sa.filipchenko@vniias.ru.

**Куренков Петр Владимирович**, д.э.н., профессор, кафедра «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы», Российский Университет Транспорта (РУТ-МИИТ), г. Москва

Тел. +7-925-259-33-30

E-mail: petrkurenkov@mail.ru.

**Солоп Ирина Андреевна**, к.т.н., доцент, кафедра «Управление эксплуатационной работой», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д.2,

Телефон +7(863)272-64-44

E-mail: bhbirf1122@yandex.ru.

**Чеботарева Евгения Андреевна**, к.т.н., доцент, кафедра «Управление эксплуатационной работой», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д.2,

Тел. +7(863)272-64-44, 8-960-45-41-624

E-mail: Abrosimova@ya.ru.